INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 4 Srl
Via del Bosco Rinnovato, 6
20057 Assago (Milano)

SCIA (ai sensi dell'art.23 del DPR 380/2001) intervento di demolizione e nuova costruzione di edifici a destinazione produttivo

Relazione idraulica e di invarianza idraulica
Realizzazione nuovo Data Center
Alzaia Naviglio Pavese snc,
Vellezzo Bellini (PV)

Documento: 3604 ES P RT 02- RELAZIONE IDRAULICA E DI INVARIANZA IDRAULICA

Data
31/04/2023

Il Tecnico

Ing. Roberto Cereda
Per Lombardini22 SpA

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3 INDIVIDUAZIONE DEL SITO 4
4 APPROVVIGIONAMENTO ACQUE POTABILI 5
5 APPROVVIOGINAMENTO ACQUE PER USO INDUSTRALE 7
6 SMALTIMENTO ACQUE REFLUE CIVILI 8
7 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE: INVARIANZA IDRAULICA 10
7.1 CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO 10
7.1.1 Curve di possibilità pluviometrica 10
7.2 SCELTA DEL METODO DI CALCOLO 16
7.3 METODO DELLE SOLE PIOGGE – RICHIAMI TEORICI 17
7.3.1 Onda entrante 17
7.3.2 Onda uscente 18
7.3.3 Volume di laminazione e del tempo di svuotamento dell'invaso 18
7.4 DATI IN INPUT 20
7.4.1 Aree scolanti 20
7.4.2 Vasche di laminazione 22
7.5 CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE 22
7.5.1 Vasca V1 22
7.5.2 Vasca V2 25
7.5.3 Vasca V3 27
7.5.4 Vasca V4 29
7.6 RECAPITO FINALE ACQUE METEORICHE 31
7.7 RETE DI COLLETTAMENTO 32

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione idraulica e di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del r.r.23 novembre 2017, n.7 e s.m.i. relativa alla progettazione di un sito a destinazione produttiva nell'area industrile del comune di Vellezzo Bellini.

Il documento affronta le seguenti tematiche:

- predimensionamento di massima delle reti esterne delle acque reflue civili domestiche (SMALTIMENTO ACQUE REFLUE CIVILI);
- indicazioni di massima sul predimensionamento dei pozzi di emungimento acque di falda ai fini industriali (APPROVVIOGINAMENTO ACQUE PER USO INDUSTRALE);
- predimensionamento opere di laminazione e reti di collettamento acque pluviali ai sensi del RR N.07/2017 in considerazione del fatto che il progetto dell'area prevede la presenza di aree di nuova impermeabilizzazione (SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE: INVARIANZA IDRAULICA).
  Il documento è stato articolato, con riferimento art. 10 comma 1 del Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*", nelle seguenti sezioni:

  - Calcolo delle precipitazioni di progetto;
  - Scelta del metodo di calcolo;
  - Descrizione del metodo di calcolo utilizzato;
  - Presentazione dati di input utilizzati per calcoli e valutazioni;
  - Calcolo dei volumi di laminazione nell'invaso e del tempo di svuotamento.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elenca di seguito la normativa di riferimento per le attività descritte nel presente documento:

- D.Lgs n.152 del 03/04/2006 "Norme in materia ambientale" e ss.mm. ii..
- *"Individuazione e classificazione degli agglomerati nell'ATO della provincia di Pavia"* settembre 2021. Ufficio d'Ambito Territoriale Ottimale della Provincia di Pavia per la regolazione e la pianificazione del servizio idrico integrato.
- Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge

- Aggiornamento del regolamento n. 7 del 2017 sull'invarianza idraulica e idrologica con l.r. 26 novembre 2019, n. 18, entrata in vigore il 11 dicembre 2019.

3 INDIVIDUAZIONE DEL SITO

Il comparto oggetto della presente relazione è rappresentato dall'area indicata in figura 1, ubicata nell'estremo settore orientale del Comune di Vellezzo Bellini (PV) ed il cui accesso si situato in Via Alzaia n.1 (Figura 1), oggetto di riconversione a data center.

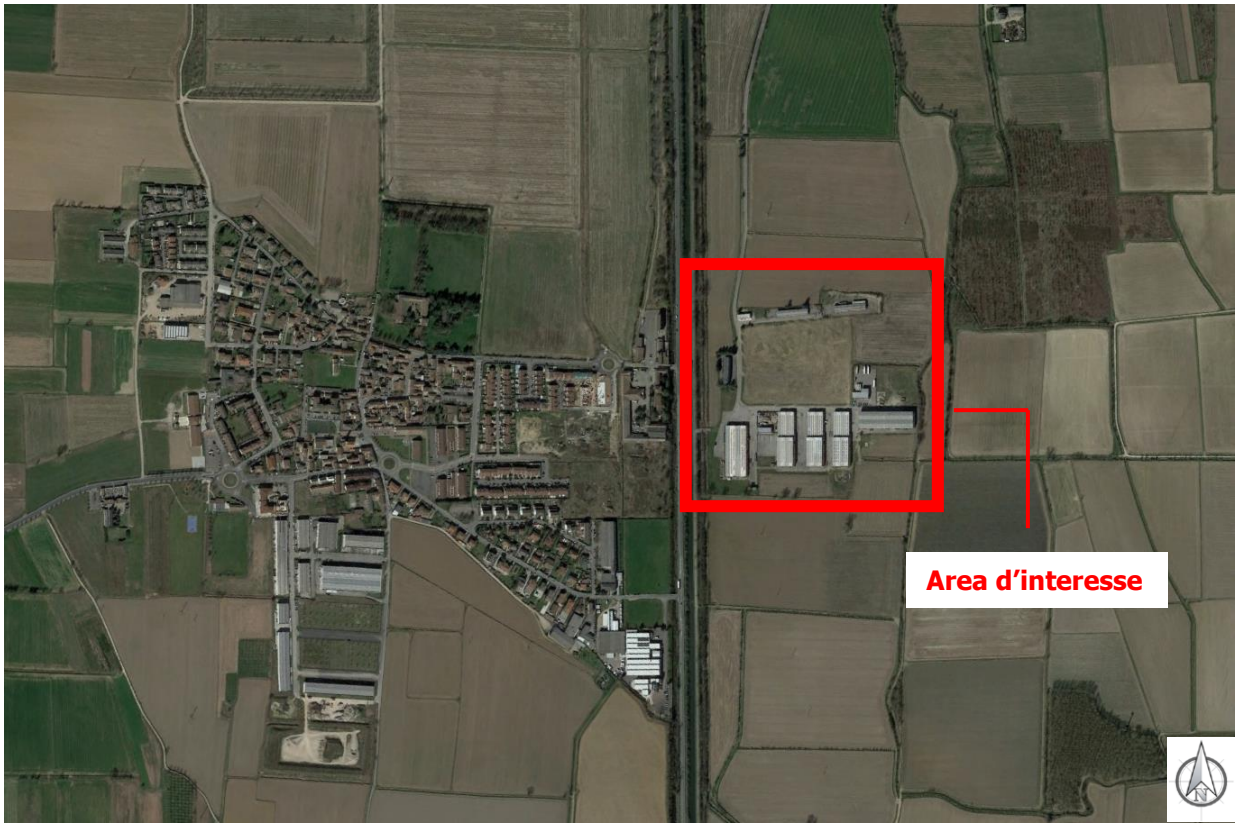

Figura 1 - Inquadramento geografico (immagine satellitare Google Earth)

Sull'area sono presenti dei fabbricati che verranno demoliti per lasciar posto alla costruzione dei nuovi quattro edifici che costituiranno il polo produttivo.

Figura 2 Masterplan di progetto

Lo sviluppo del progetto avverrà per fasi: in una prima fase saranno realizzati gli edifici A1 e A2 e solo successivamente gli edifici 4B e 4C.

La presente SCIA art. 23 si riferisce esclusivamente alla realizzazione degli edifici A1 e A2 (indicati anche come fase 1).

Per tutti i dettagli costruttivi del progetto si rimanda alle relazioni tecniche specialistiche.

4 APPROVVIGIONAMENTO ACQUE POTABILI

Il fabbisogno idrico potabile del sito è stato stimato in 4,6 l/s necessario per alimentare le utenze destinate al personale presente nel sito.

La parte di acque per lo scarico dei WC vengono prelevate dalle vasche di laminazione di cui al capitolo 7 riducendo così l'approvvigionamento da acquedotto.

Allo stato attuale l'area non è servita da rete pubblica di acquedotto.

La rete del comune di Vellezzo Bellini si trova in posizione OVEST del sito, al di là del Naviglio Pavese che scorre lateralmente al sito.

Un eventuale collegamento a questa parte di acquedotto prevede la realizzazione di opere per il superamento dei canali, della pista ciclabile e della strada provinciale.

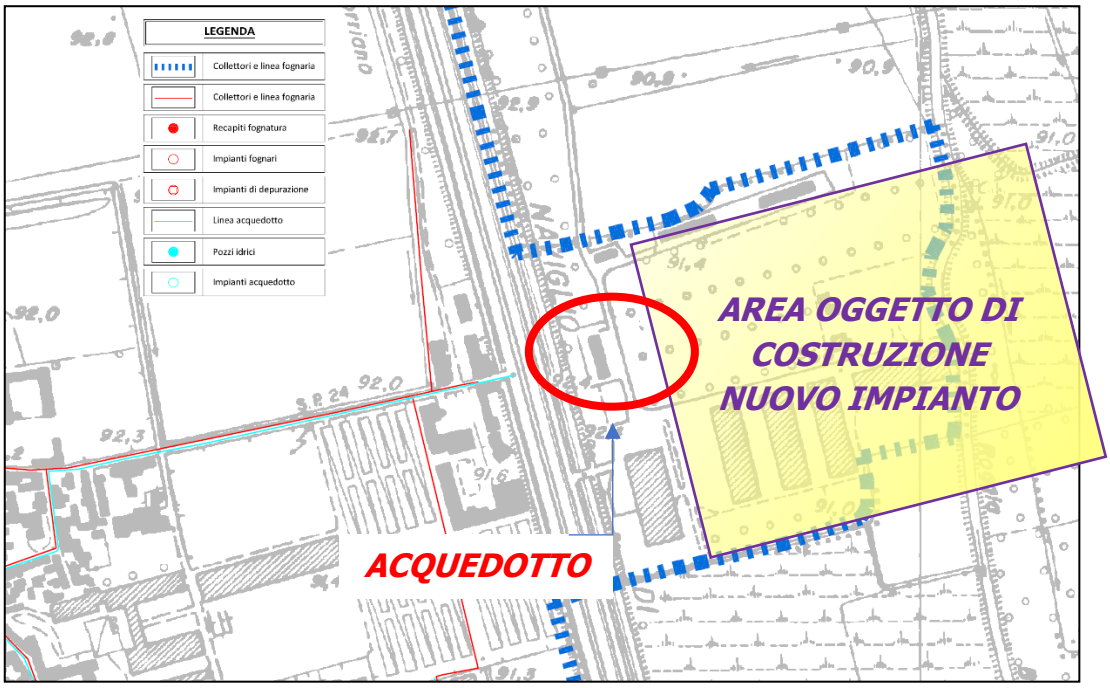

Figura 3 PGT Vellezzo Bellini – QC_13 Reti tecnologiche

Oltre alla rete del Comune di Vellezzo Bellini è presente in posizione EST la rete del comune di Giussago.

L'allaccio alla rete di Giussago prevede l'attraversamento di vari campi e canali minori.

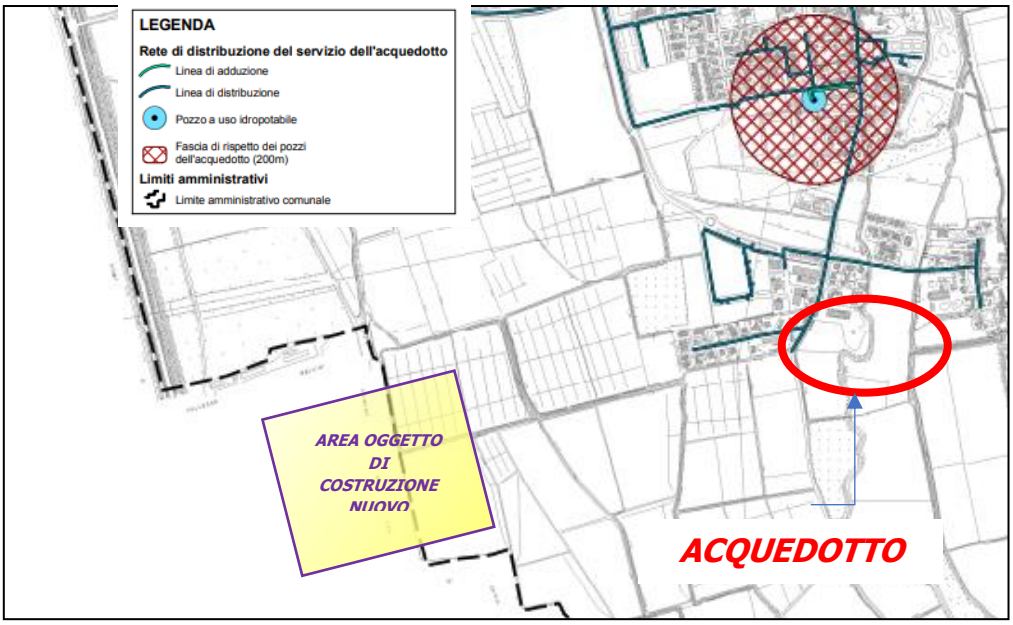

Figura 4 PUGSS Piano Urano dei servizi del sottosuolo – Rete di distribuzione del servizio dell'acquedotto

TAV.SIRS 02 Comune di Giussago

Nelle successive fasi progettuali, previo contatto con gli Enti e soggetti coinvolti, verrà definita la soluzione progettuale migliore.

Contestualmente alla predisposizione dei nuovi allacci si procederà con la dismissione di un pozzo esistente nell'area che attualmente serve le attività commerciali e le residenze presenti sul sito.

5 APPROVVIOGINAMENTO ACQUE PER USO INDUSTRALE

In considerazione della possibilità di prevedere un sistema di raffreddamento ad acqua degli impianti installati in sito mediante flusso di acqua con portata stimata di circa 50 l/s si può prevede la realizzazione di due pozzi di emungimento delle acque di prima falda (uno di backup all'altro).

In via preliminare si possono stimare le seguenti caratteristiche:

- profondità di perforazione circa 50 metri;
- perforazione con diametro 800mm e allestimento con tubazione in acciaio zincato diametro 355mm.

Per il dimensionamento e la progettazione del sistema di emungimento sarà necessario eseguire indagini e test idraulici specifici sulla base dei quali potranno essere definite le caratteriste costruttive in termini di numero e profondità dei pozzi.

6 SMALTIMENTO ACQUE REFLUE CIVILI

L'area oggetto di intervento non risulta attualmente servita da pubblica fognatura e le acque reflue assimilate alle domestiche prodotte dagli edifici esistenti vengono smaltite nei primi strati del sottosuolo mediante trincee drenanti previo trattamento in vasche di tipo imhoff. In virtù della modifica dello stato del sito è stato consultato il regolamento *"Individuazione e classificazione degli agglomerati nell'ATO della provincia di Pavia"* nella sua ultima revisione di settembre 2021 in cui l'ufficio d'Ambito Territoriale Ottimale della Provincia di Pavia per la regolazione e la pianificazione del servizio idrico integrato ha identificato gli agglomerati e le conseguenti modalità di smaltimento e depurazione dei reflui. Per agglomerato si intende una significativa "sorgente di inquinamento" presente sul territorio, dalla cui identificazione conseguono gli obblighi attuativi delle disposizioni normative riguardanti reti fognarie e impianti di trattamento delle acque reflue urbane. Il sito oggetto della presente relazione tecnica non risulta ricompreso in nessun agglomerato urbano come si evince dal report "Individuazione e classificazione degli agglomerati nell'ATO della Provincia di Pavia: schede descrittive".

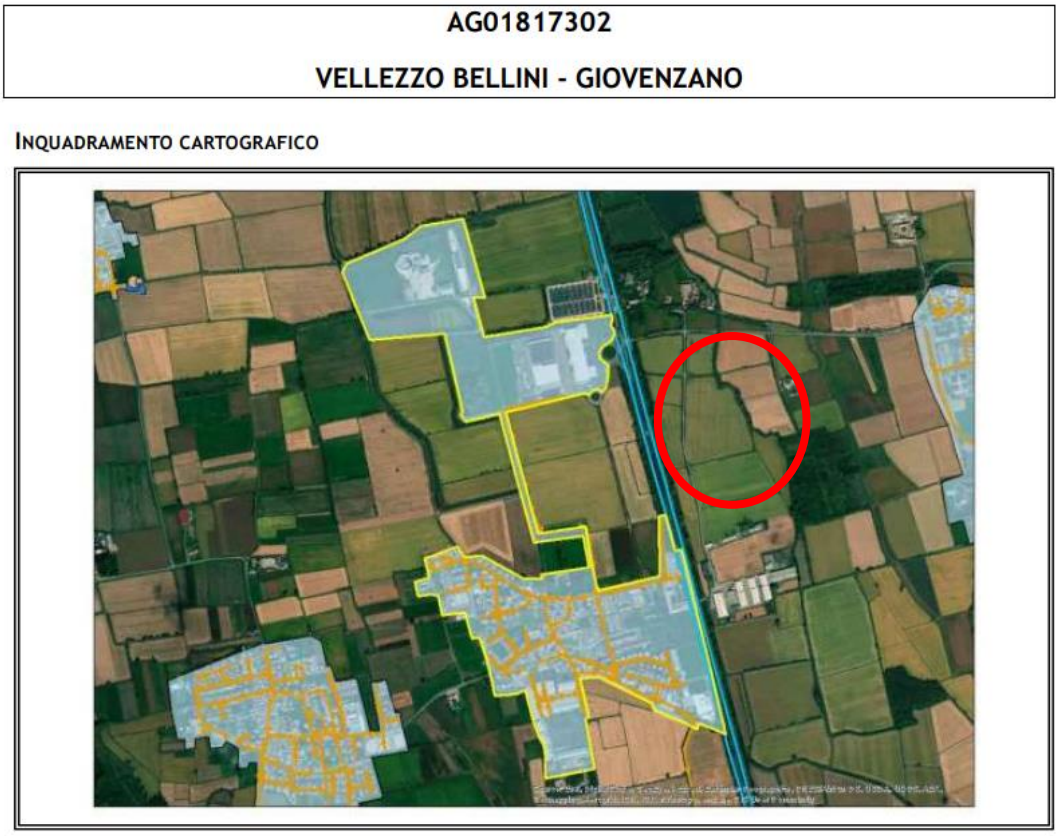

Figura 5 Estratto scheda descrittiva report sugli agglomerati urbani soggetti a obbligo di allaccio alla rete fognaria. Cerchiato in rosso il sito oggetto di riconversione

Pertanto, nella prima fase di sviluppo del progetto, che prevede la realizzazione dei primi due edifici del polo produttivo si manterrà la modalità di scarico attuale, anche in virtù delle ridotte aliquote di refluo civile prodotto conseguente alla ridotta presenza di personale nel sito.

Nella configurazione finale del sito si predisporrà, previo studio con il gestore del servizio idrico integrato, l'allaccio alla rete di fognatura, con modalità ancora da definire.

Come per la rete dell'acquedotto anche per la rete fognaria le due alternative sono rappresentate dalle reti dei comuni di Vellezzo Bellini e Giussago in posizioni OVEST ed EST, verosimilmente in posizioni analoghe.

7 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE: INVARIANZA IDRAULICA

7.1 CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

7.1.1 Curve di possibilità pluviometrica

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto, validi per il sito in esame, sono stati individuati attraverso il Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (https://idro.arpalombardia.it/it/map/sidro/). Nel dettaglio, è stata individuata per l'area in esame la curva di possibilità pluviometrica espressa nella seguente forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\langle 1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k \right\rangle$$

in cui:

- h è l'altezza di pioggia;
- D è la durata;
- a_1 è il coefficiente pluviometrico orario;
- w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T;
- n è l'esponente della curva (parametro di scala);
- α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Viene di seguito descritta la procedura per la determinazione dei parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per il sito d'interesse articolata nei seguenti passaggi:

- individuazione del territorio comunale di Vellezzo Bellini sul "Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia";

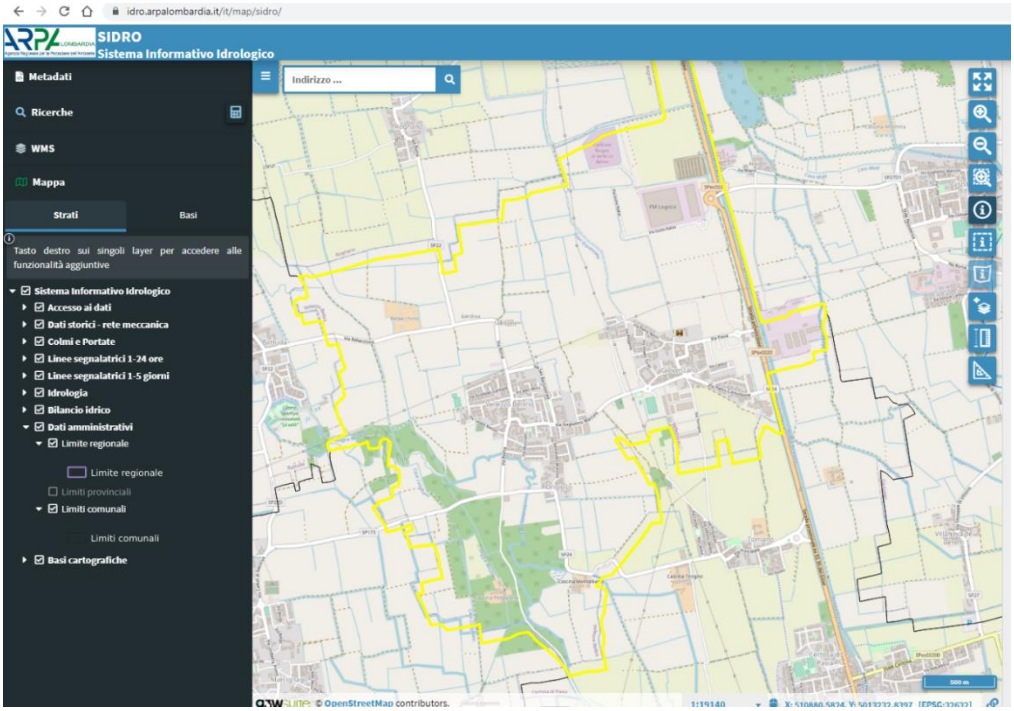

Figura 6 Individuazione del territorio comunale di Vellezzo Bellini (in giallo)

- individuazione dei parametri caratteristici delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica per durate di pioggia 1-24 ore (LSPP 1-24 ore)Figura ;

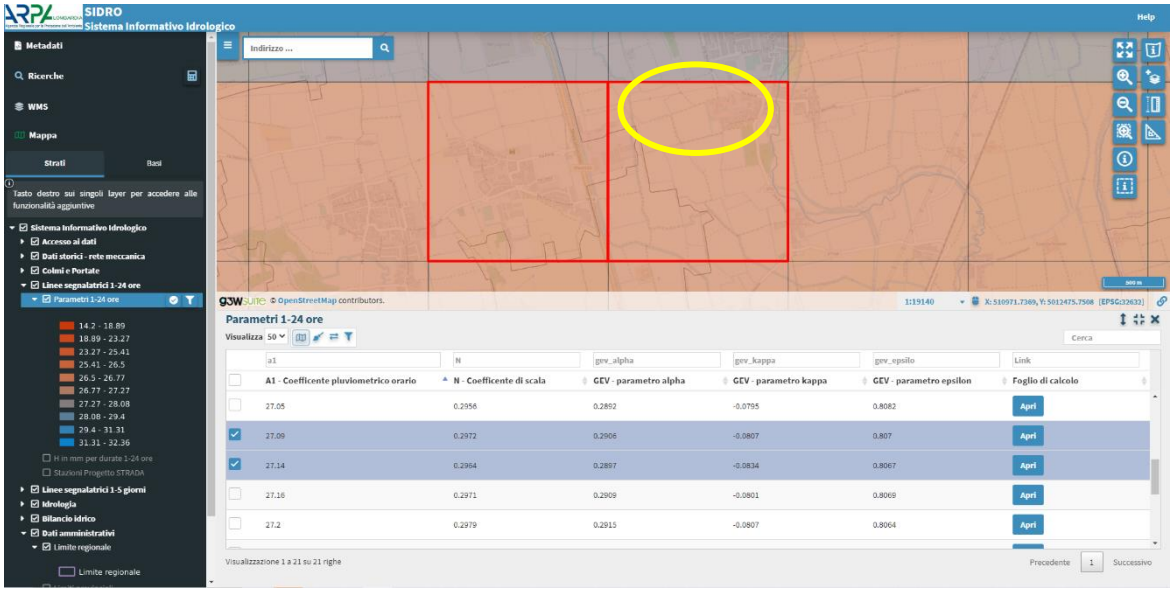

Figura 7 Individuazione dell'area interessata dal progetto (ovale giallo) con associati parametri caratteristici delle LSPP 1-24 ore.

In Tabella 1 viene riportato un prospetto riepilogativo dei parametri caratteristici delle LSPP 1-24 ore per l'area di progetto, che ricade in due sottozone diverse.

a1 (coefficiente pluviometrico orario)	n (1-24h) (Coefficiente di scala)	n (<1h) (coefficiente di scala)	α (GEV)	k (GEV)	ε (GEV)
27,09	0,2972	0,5	0,2906	-0,0807	0,807
27,14	0,2964	0,5	0,2897	-0,08034	0,8067

Tabella 1 Parametri caratteristici delle LSPP 1 -24 ore per l'area di progetto

Per il proseguo della progettazione sono stati adottati i seguenti parametri:

a1 (coefficiente pluviometrico orario)	n (1-24h) (Coefficiente di scala)	n (<1h) (coefficiente di scala)	α (GEV)	k (GEV)	ε (GEV)
27,09	0,2972	0,5	0,2906	-0,0807	0,807

Tabella 2.1 Parametri caratteristici delle LSPP 1 -24 ore per l'area di progetto

Individuati i parametri caratteristici per il sito in esame, sono state successivamente determinate, attraverso l'applicativo proposto da ARPA Lombardia, le LSPP 1-24 ore per i

tempi di ritorno adottabili per dimensionamento e verifica idraulica delle opere previste da progetto.

In particolare, sono stati considerati i seguenti valori tempi di ritorno per come previsto dal regolamento regionale in materia di invarianza idraulica:

- Tr = 20 anni: tempo di ritorno adottato per dimensionamento e verifica idraulica della rete di drenaggio delle acque meteoriche fino al recapito finale;
- Tr = 50 anni: tempo di ritorno adottato per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica (bacino di laminazione) al fine di ottenere un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- Tr = 100 anni: tempo di ritorno adottato per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere di invarianza idraulica e idrologica (bacino di laminazione).

Si riportano nella figura seguente le curve di possibilità pluviometrica calcolate come da indicazione di Regione Lombardia.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Vellezzo Bellini*
Coordinate: .....

Parametri ricavati da: http://idro.arpalombardia.it

A1 - Coefficente pluviometrico orario	27,09
N - Coefficente di scala	0,2972
GEV - parametro alpha	0,2906
GEV - parametro kappa	-0,0807
GEV - parametro epsilon	0,807

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\{1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:
http://idro.arpalombardia.it/manual/Ispp.pdf
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,92	1,27	1,52	1,78	2,14	2,43	2,73
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	24,8	34,4	41,3	48,3	58,0	65,7	73,9
2	30,5	42,3	50,7	59,3	71,2	80,7	90,8
3	34,4	47,7	57,2	66,9	80,3	91,1	102,4
4	37,4	52,0	62,3	72,9	87,5	99,2	111,5
5	40,0	55,5	66,6	77,9	93,5	106,0	119,2
6	42,2	58,6	70,3	82,2	98,7	111,9	125,8
7	44,2	61,4	73,6	86,1	103,4	117,2	131,7
8	46,0	63,8	76,6	89,6	107,5	121,9	137,1
9	47,6	66,1	79,3	92,8	111,4	126,3	141,9
10	49,1	68,2	81,9	95,7	114,9	130,3	146,5
11	50,6	70,2	84,2	98,5	118,2	134,0	150,7
12	51,9	72,0	86,4	101,1	121,3	137,5	154,6
13	53,1	73,8	88,5	103,5	124,2	140,8	158,3
14	54,3	75,4	90,5	105,8	127,0	144,0	161,9
15	55,4	77,0	92,3	108,0	129,6	147,0	165,2
16	56,5	78,5	94,1	110,1	132,1	149,8	168,4
17	57,5	79,9	95,8	112,1	134,5	152,5	171,5
18	58,5	81,2	97,5	114,0	136,8	155,1	174,4
19	59,5	82,6	99,1	115,8	139,1	157,7	177,2
20	60,4	83,8	100,6	117,6	141,2	160,1	180,0
21	61,3	85,1	102,0	119,3	143,3	162,4	182,6
22	62,1	86,2	103,5	121,0	145,3	164,7	185,1
23	62,9	87,4	104,8	122,6	147,2	166,9	187,6
24	63,7	88,5	106,2	124,2	149,1	169,0	190,0

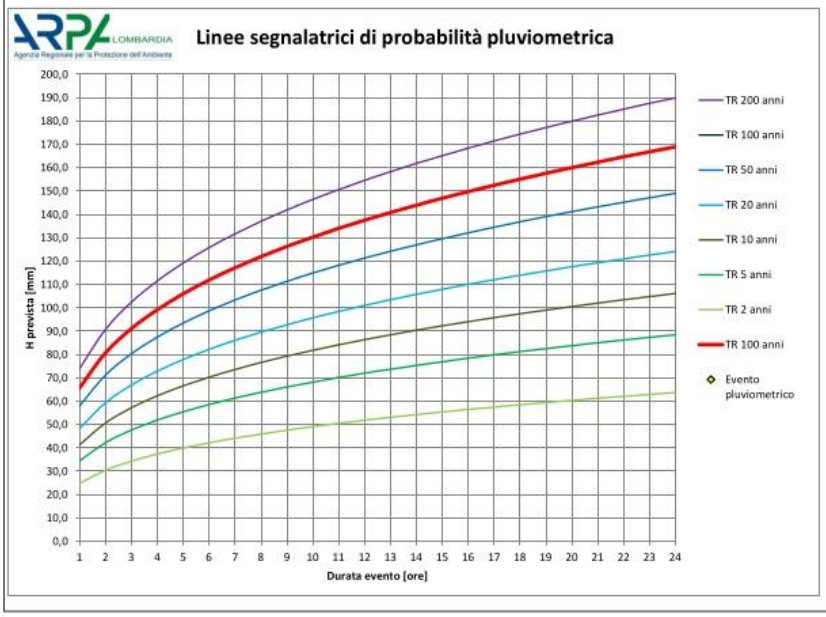

Figura 8 Curve di possibilità pluviometrica per Tr=20-50-100 anni

Attraverso le curve di possibilità pluviometrica ricavate è stato possibile ricavare i relativi coefficienti "a" ed "n" in funzione del tempo di riorno e della durata di pioggia attraverso le seguenti relazioni:

$$a = a_1 \cdot w_T$$

in cui

a_1 è il coefficiente pluviometrico orario determinato;

w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T;

n è l'esponente della curva (parametro di scala);

Poiché i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica determinati attraverso il portale di ARPA Lombardia si riferiscono a durate di pioggia maggiori dell'ora (1-24 ore), per le durate inferiori all'ora sono stati utilizzati tutti i parametri indicati da ARPA ad eccezione del parametro n per il quale si è adottato il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Si riporta, nella tabella di seguito, il prospetto riepilogativo dei parametri "a" ed "n" utilizzati come dati di input per i calcoli idraulici delle opere previste da progetto.

	Tr=20 anni - D<1 ora (Dimensionamento e verifica idraulica rete di drenaggio acque meteoriche)	**Tr=50 anni - D≥1 ora (Dimensionamento bacino di laminazione)**	**Tr=100 anni - D≥1 ora (Verifica franco di sicurezza bacino di laminazione)**
a	48,28	57,96	65,71
n	0,2972	0,2972	0,2972
	Tr=20 anni – D<1 ora (Dimensionamento e verifica idraulica rete di drenaggio acque meteoriche)	**Tr=50 anni – D<1 ora (Dimensionamento bacino di laminazione)**	**Tr=100 anni - D<1 ora (Verifica franco di sicurezza bacino di laminazione)**
a	48,28	57,96	65,71
n	0,5	0,5	0,5

Tabella 3 Parametri "a" e "n" in funzione di tempo di ritorno (Tr)

7.2 SCELTA DEL METODO DI CALCOLO

Ai fini dell'individuazione della modalità di calcolo del volume da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica occorre fare riferimento all'art. 9 comma 3 del Regolamento regionale 23 novembre 2017, in cui sono indicate le modalità di calcolo da adottare in funzione dell'estenzione dell'intervento e della criticità idraulica assegnata al sito.

Il comune di Vellezzo Bellini ricade nelle aree B, ovvero a media criticità idraulica secondo quanto riportato nell'Allegato C "ELENCO DEI COMUNI RICADENTI NELLE AREE AD ALTA, MEDIA E BASSA CRITICITÀ IDRAULICA, AI SENSI DELL'ART. 7 DEL RR N.7/ 2017":

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
VELLEZZO BELLINI	PV	B	

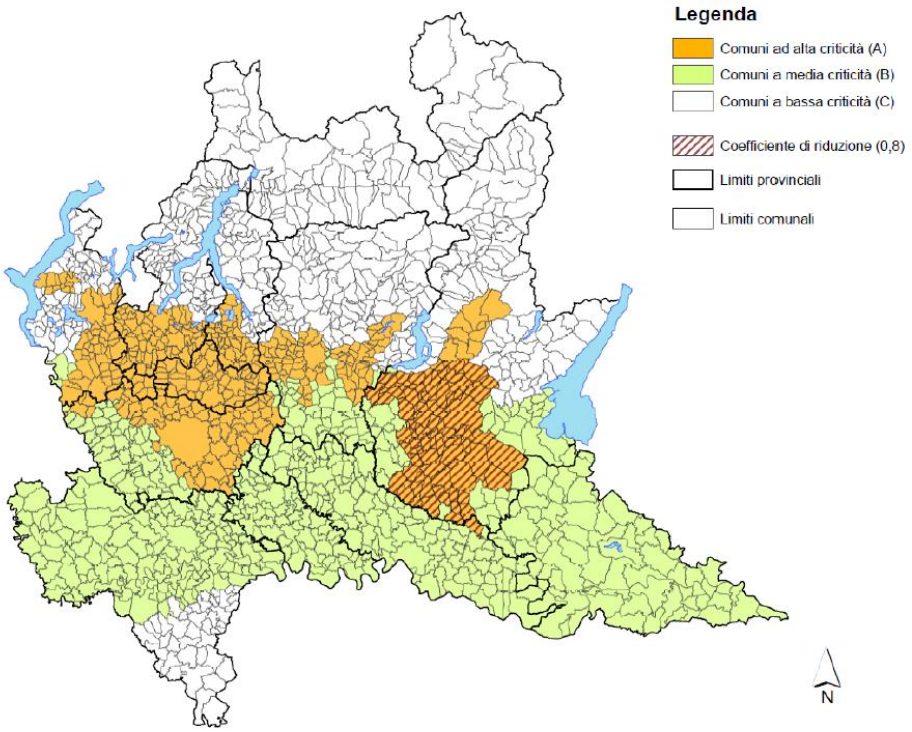

Figura 9 Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica

L'intervento in oggetto ricade nella classe di intervento "impermeabilizzazione potenziale media" in quanto l'estensione complessiva dell'area impermeabilizzata è pari circa a 8 ha.

Incrociando queste due informazioni si desume dalla tabella fornita dal Regolamento che il metodo metodo da adottarsi per il calcolo dei volumi di laminazione è il metodo delle sole piogge.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 4 Modalità di calcolo dei volumi da gestire in funzione di classe d'intervento ed ambito territoriale (criticità idraulica)

Per tale motivo i limiti previsti per lo scarico delle acque meteoriche sono pari a **20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile (Art.8).**

7.3 METODO DELLE SOLE PIOGGE – RICHIAMI TEORICI

7.3.1 Onda entrante

L'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_0(f)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_0 pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante (Q_e) e il volume di pioggia complessivamente entrante (W_e) sono pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1} \qquad W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

In cui:

- S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso
- D è la durata di pioggia
- a = $a_1 w_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia)
- Φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino.

7.3.2 Onda uscente

L'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante Qu,lim.

Il volume in uscita nel corso di un evento di durata D è pari a:

$$W_u = Q_{u,lim} \cdot D$$

La laminazione verrà per mezzo di opera di invaso impermeabile, essendo esclusa l'ipotesi di infiltrazione della acque nel suolo vista la presenza della falda poco profonda (esiti indagini campagna dicembre 2022).

7.3.3 Volume di laminazione e del tempo di svuotamento dell'invaso

Sulla base delle precedenti considerazioni, il volume di laminazione ΔW è dato, per ogni durata di pioggia D considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione (W_0), cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{\lim} \cdot D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_W critica per la laminazione.

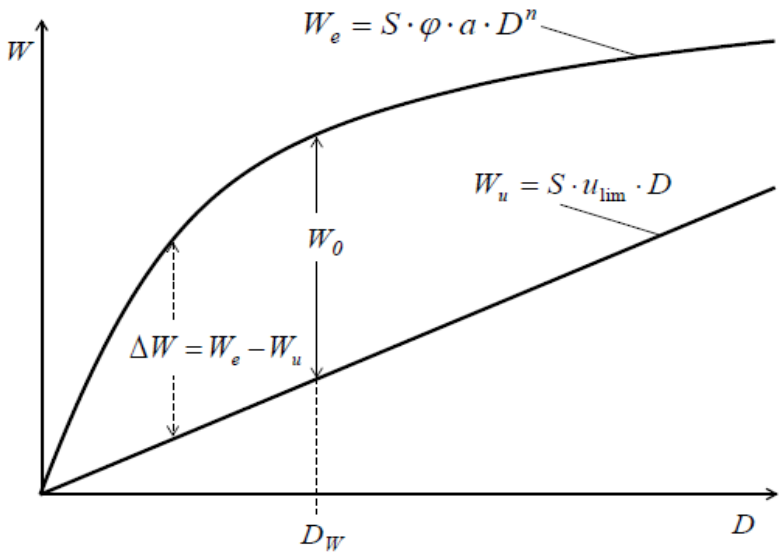

Figura 5 Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico DW e del corrispondente volume critico W0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume W_0, che coincide con il volume minimo considerato per la progettazione dell'invaso:

$$D_W = \left(\frac{Q_{u,\lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \qquad W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^{\,n} - Q_{u\max} \cdot D_w$$

In conformità all'art.11 comma 2 lettera "f" del regolamento, il sistema idraulico composto dal bacino di laminazione dimensionato con la procedura sopra descritta deve garantire lo svuotamento completo del bacino di laminazione in un intervallo temporale di massimo 48 ore.

7.4 DATI IN INPUT

7.4.1 Aree scolanti

Si riporta di seguito una tabella contenente l'elenco dei bacini scolanti individuati con l'indicazione della relativa superficie (mq) e della vasca di laminazione in cui dovranno essere recapitate le acque.

Le aree destinate alla viabilità e ai parcheggi non hanno le caratteristiche tali da prevedere un trattamento obbligatorio delle acque di prima pioggia, che tuttavia viene comunque adottato per garantire una migliore qualità delle acque immesse nel corpo ricettore.

Descrizione area scolante	Denominazione vasca di laminazione	mq
Copertura MI.L4.A1	V1	6638,00
Generatori elettrici MI.L4.A1	V1	1450,00
Generatori elettrici MI.L4.A1	V1	1450,00
Viabilità	V1	6.861,00
Verde MI.L4.A1	-	4091,00

Copertura MI.L4.A2	V2	9979,00
Generatori elettrici MI.L4.A2	V2	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.A2	V2	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.A2	V2	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.A2	V2	1440,00
Viabilità	V2	10.480,00
Verde MI.L4.A2	-	4877,00

Copertura MI.L4.B	V2	6071,00
Generatori elettrici MI.L4.B	V2	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.B	V2	1440,00
Viabilità	V2	7.265,00
Verde MI.L4.A2	-	8871,00

Copertura MI.L4.C	V4	10509,00
Generatori elettrici MI.L4.C	V4	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.C	V4	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.C	V4	1440,00
Generatori elettrici MI.L4.C	V4	1440,00
Viabilità	V4	9.080,80
Verde MI.L4.C	-	6174,20

Tabella 5 Descrizione bacini scolanti

Con riferimento all'art. 11, comma 2 del Regolamento, per il calcolo della superficie scolante impermeabile S e per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale Φ si possono adottare i valori standard del coefficiente di deflusso:

- 1,0 per tutte le sub-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,7 per tetti verdi, giardini pensili e le aree verdi sovrapposte a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del Regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,3 per le aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Di conseguenza, per le aree impermeabili si è considerato un coefficiente di deflusso pari a 1.

7.4.2 Vasche di laminazione

Come illustrato nella planimetria in allegato, sono state previsti n.4 vasche di laminazione realizzate in materiale impermeabile e dotate di tubazione in uscita verso il corso idrico ricettore in funzione della portata massima consentita.

7.5 CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE

Con riferimento alla procedura di calcolo descritta nei capitoli precedenti, si illustra l'applicazione della procedura per il calcolo e verifica del volume d'invaso delle 4 vasche di laminazione; i calcoli verranno presentati per step successivi:

- Determinazione dell'onda entrante Qe e dell'onda uscente Qu;
- Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione;
- Calcolo del tempo di svuotamento.

7.5.1 Vasca V1

DETERMINAZIONE DELL'ONDA ENTRANTE Qe E DELL'ONDA USCENTE Qu

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

Tr = 50 anni: a = 57,96 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)
Tr = 100 anni: a = 65,71 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)

Per la determinazione del volume uscente si considera una portata effluente dal sistema costante nel tempo corrispondente alla portata limite prevista da normativa per l'area scolante di afferenza:

	Superficie reale (mq)	Φ	Sup scolante (mq)
copertura MI.L4.A1	6.638,00	1,00	6.638,00
aree generatori	2.900,00	1,00	2.900,00
verde	4.091,00	0,30	1.227,30
viabilità	6.861,00	0,90	6.174,90
		Tot superficie scolante	16.940,20
		Tot superficie convogliata in vasca	15.712,90

Superficie scolante (ha)	1,69
coef. di deflusso (Φ)	1
Qu,lim	33,88 l/s

Tabella 5 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – vasca di laminazione V1

Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 7.3.1 e 7.3.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D.

DETERMINAZIONE DELL'EVENTO CRITICO CHE MASSIMIZZA IL VOLUME DI LAMINAZIONE

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno pari a 50 anni.

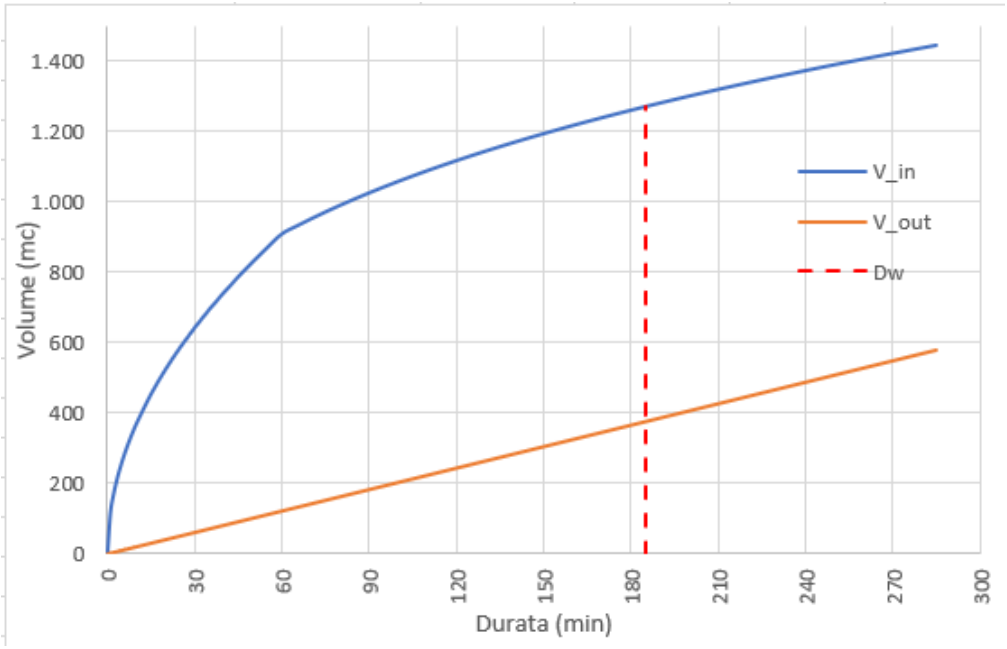

Figura 6 Determinazione dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione – vasca di laminazione V1

Dal calcolo si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra We e Wu) è pari a 185 minuti. In corrispondenza di tale durata è possibile determinare il valore del volume di laminazione con cui dimensionare la vasca di laminazione:

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV	TR
				V invaso	
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
185	*81,00*	*1.272,81*	*376,07*	*896,74*	*50*

Il suddetto valore deve essere *verificato* rispetto a un tempo di ritorno pari a 100 anni che nel caso in questione è pari a:

W_0 = $W_e(D_W)$ - $W_u(D_W)$ = **1071,82 mc**

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV V invaso	TR
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
230	*97,97*	*1.539,37*	*467,55*	*1.071,82*	*100*

Quest'ultimo valore è quindi quello da assumere per il progetto della vasca di laminazione.

CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO DI LAMINAZIONE

Il tempo di svuotamento del bacino di laminazione viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

Nel caso dell'area dell'edificio MI.L4.A1:

W_0 = **1071,82**

$Q_{u,lim}$ = 33,88 l/s

Ts= 8,79 h

Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

7.5.2 Vasca V2

DETERMINAZIONE DELL'ONDA ENTRANTE Qe E DELL'ONDA USCENTE Qu

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

- Tr = 50 anni: a = 57,96 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)
- Tr = 100 anni: a = 65,71 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)

Per la determinazione del volume uscente si considera una portata effluente dal sistema costante nel tempo corrispondente alla portata limite prevista da normativa per l'area scolante di afferenza:

	Superficie reale (mq)	Φ	Sup scolante (mq)
copertura MI.L4.A2	9.979,00	1,00	9.979,00
aree generatori	5.760,00	1,00	5.760,00
verde	4.877,00	0,30	1.463,10
viabilità	10.480,00	1,00	10.480,00
		Tot superficie scolante	27.682,10
		Tot superficie convogliata in vasca	26.219,00

Superficie scolante (ha)	2,76
coef. di deflusso (Φ)	1
Qu,lim	55,36 l/s

Tabella 6 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – vasca di laminazione V2

Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 7.3.1 e 7.3.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D.

DETERMINAZIONE DELL'EVENTO CRITICO CHE MASSIMIZZA IL VOLUME DI LAMINAZIONE

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno pari a 50 anni.

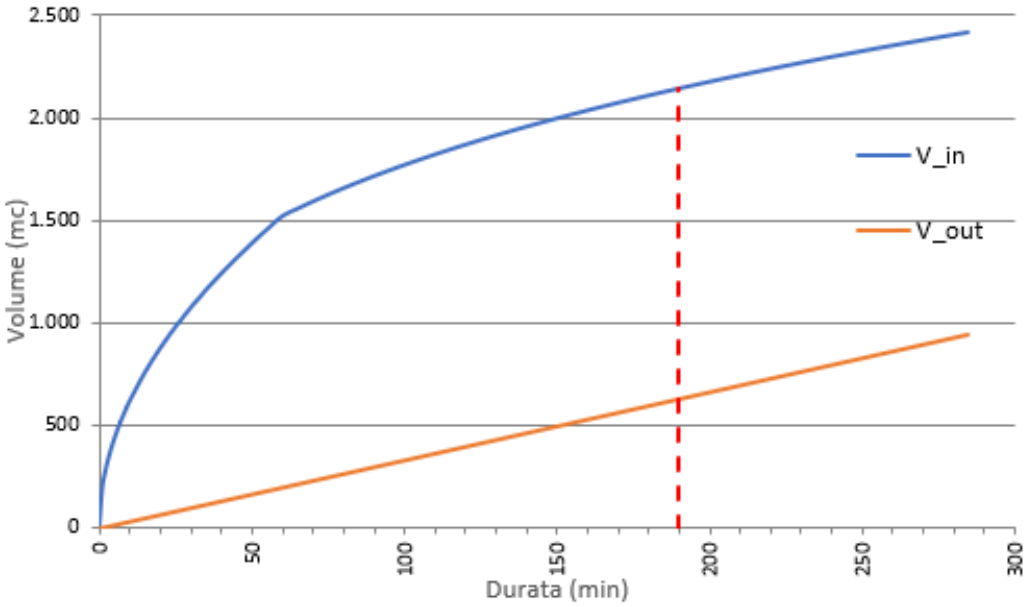

Figura 7 Determinazione dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione – vasca di laminazione V2

Dal calcolo si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra We e Wu) è pari a 230 minuti. In corrispondenza di tale durata è possibile determinare il valore del volume di laminazione con cui dimensionare la vasca di laminazione:

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV V invaso	TR
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
190	*81,65*	*2140,75*	*631,15*	*1509,59*	*50*

Il suddetto valore deve essere *verificato* rispetto a un tempo di ritorno pari a 100 anni che nel caso in questione è pari a:

W_0 = $W_e(D_W)$ - $W_u(D_W)$ = **1804,64 mc**

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV V invaso	TR
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
230	**97,97**	**2568,64**	**764,03**	**1804,62**	**100**

Quest'ultimo valore è quindi quello da assumere per il progetto della vasca di laminazione.

CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO DI LAMINAZIONE

Il tempo di svuotamento del bacino di laminazione viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

W_0 = **1804,62**

$Q_{u,lim}$ = 55,36 l/s

Ts= 9,05 h

Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

7.5.3 Vasca V3

DETERMINAZIONE DELL'ONDA ENTRANTE Qe E DELL'ONDA USCENTE Qu

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

- Tr = 50 anni: a = 57,96 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)
- Tr = 100 anni: a = 65,71 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)

Per la determinazione del volume uscente si considera una portata effluente dal sistema è costante nel tempo e corrisponde alla portata di infiltrazione nel terreno per il bacino di laminazione considerato.

	Superficie reale (mq)	Φ	Sup scolante (mq)
copertura MI.L4.B	6.071,00	1,00	6.071,00
aree generatori	2.880,00	1,00	2.880,00
verde	8.871,00	0,30	2.661,30
viabilità	7.265,00	1,00	7.265,00
		Tot superficie scolante	18.877,30
		Tot superficie convogliata in vasca	16.216,00

Superficie scolante (ha)	1,88
coef. di deflusso (Φ)	1
Qu,lim	37,75 l/s

Tabella 7 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – vasca di laminazione V3

DETERMINAZIONE DELL'EVENTO CRITICO CHE MASSIMIZZA IL VOLUME DI LAMINAZIONE

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno pari a 50 anni.

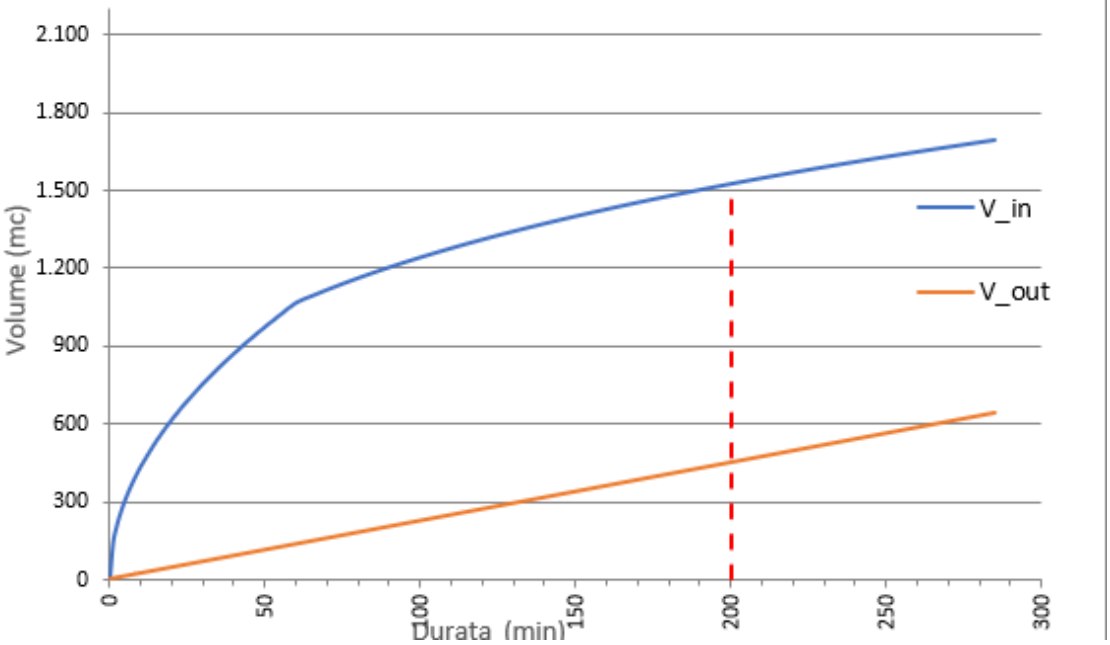

Figura 8 Determinazione dell'evento critico D_W e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione – vasca di laminazione V3

Dal calcolo si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra We e Wu) è pari a 200 minuti. In corrispondenza di tale durata è possibile determinare il valore del volume di laminazione con cui dimensionare la vasca di laminazione:

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV	TR
				V invaso	
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
165	78,30	1.269,65	373,77	895,88	50

Il suddetto valore deve essere *verificato* rispetto a un tempo di ritorno pari a 100 anni che nel caso in questione è pari a:

W_0 = $W_e(D_W)$ - $W_u(D_W)$ = **1070,97 mc**

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV V invaso	TR
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
200	93,98	1.524,03	453,06	1.070,97	100

Quest'ultimo valore è quindi quello da assumere per il progetto della vasca di laminazione.

CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO DI LAMINAZIONE

Il tempo di svuotamento del bacino di laminazione viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

W_0 = **1070,97** mc

$Q_{u,lim}$ = 37,75 l/s

Ts = **7,88 h**

Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

7.5.4 Vasca V4

DETERMINAZIONE DELL'ONDA ENTRANTE Qe E DELL'ONDA USCENTE Qu

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per Tr pari a 50 e 100 anni, utilizzate per il calcolo del volume entrante sono:

- Tr = 50 anni: a = 57,96 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)
- Tr = 100 anni: a = 65,71 mm/h n = 0,2972 (D> 1h) / 0,5 (D<1h)

Per la determinazione del volume uscente si considera una portata effluente dal sistema è costante nel tempo e corrisponde alla portata di infiltrazione nel terreno per il bacino di laminazione considerato.

	Superficie reale (mq)	Φ	Sup scolante (mq)
copertura copertura MI.L4.C	10.509,00	1,00	6.071,00
aree generatori	5.760,00	1,00	2.880,00
verde	6.174,20	0,30	2.661,30
viabilità	9.080,80	1,00	9.080,80
		Tot superficie scolante	27.202,06
		Tot superficie convogliata in vasca	25.349,80

Superficie scolante (ha)	2,72
coef. di deflusso (Φ)	1
Qu,lim	54,40 l/s

Tabella 8 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu) – vasca di laminazione V4

Inserendo i coefficienti nelle formule riportate nei paragrafi 7.3.1 e 7.3.2 è possibile tracciare l'andamento delle funzioni $W_e(D)$ e $W_u(D)$ al variare della durata della pioggia D.

DETERMINAZIONE DELL'EVENTO CRITICO CHE MASSIMIZZA IL VOLUME DI LAMINAZIONE

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno di 100 anni.

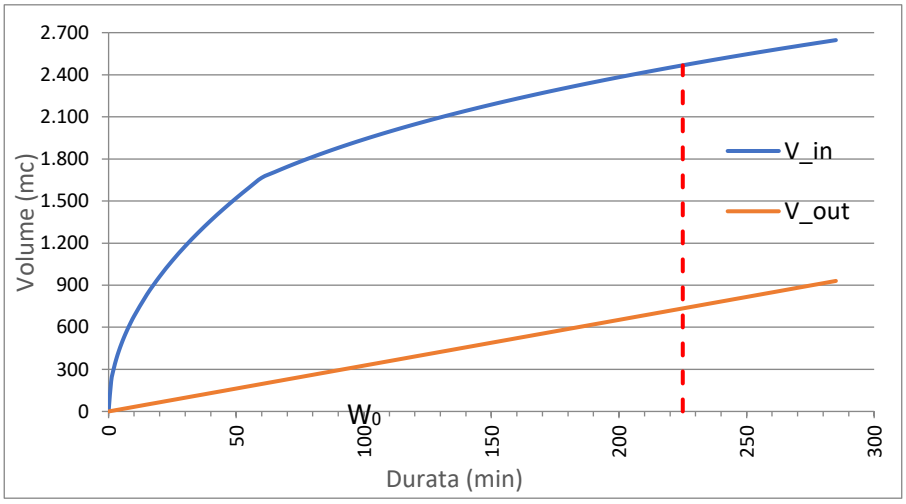

Figura 9 Determinazione dell'evanto critico Dw e del corrispondente volume critico W0 di laminazione - vasca di laminazione V4

Dal grafico si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra We e Wu; individuata tale durata, pari a 20 minuti, è possibile determinare i valori di volume entrante e uscente associati:

$W_e(D_W)$ = 2467,32 mc $W_u(D_W)$ = 734,46 mc

E di conseguenza:

$$\mathbf{W_0} = W_e(D_W) - W_u(D_W) = \mathbf{1732{,}86\ mc}$$

Che corrisponde al volume di laminazione di progetto del bacino di infiltrazione.

CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO DI LAMINAZIONE

Il tempo di svuotamento del bacino di laminazione viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata filtrante.

Nel caso della vasca V4:

W_0 = 1732,86 mc

$Q_{u,lim}$ = 54,40 l/s

Ts = 8,85 h

Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

7.6 RECAPITO FINALE ACQUE METEORICHE

Il recapito per lo scarico delle acque meteoriche nella configurazione finale del sito (realizzazione di tutti i quattro edifici Fase1+Fase2) è stato preliminarmente inviduato nel Naviglio Pavese e sono state avviate le procedure per l'ottenimento del Parere Preliminare di Compatibilità al Consorzio Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi.

	Fase 1 A1+A2	Fase 2 B+C
ACQUE METEORICHE	89.2	97.7
	TOT (l/s) 187	

Tabella 6 Portate di scarico oggetto di richiesta di autorizzazione allo scarico

Per quanto riguarda la fase 1 si continuerà ad utilizzare lo scarico già autorizzato in Roggia Bareggia di 90l/s mediante convenzione con il Consorzio Naviglio Olona.

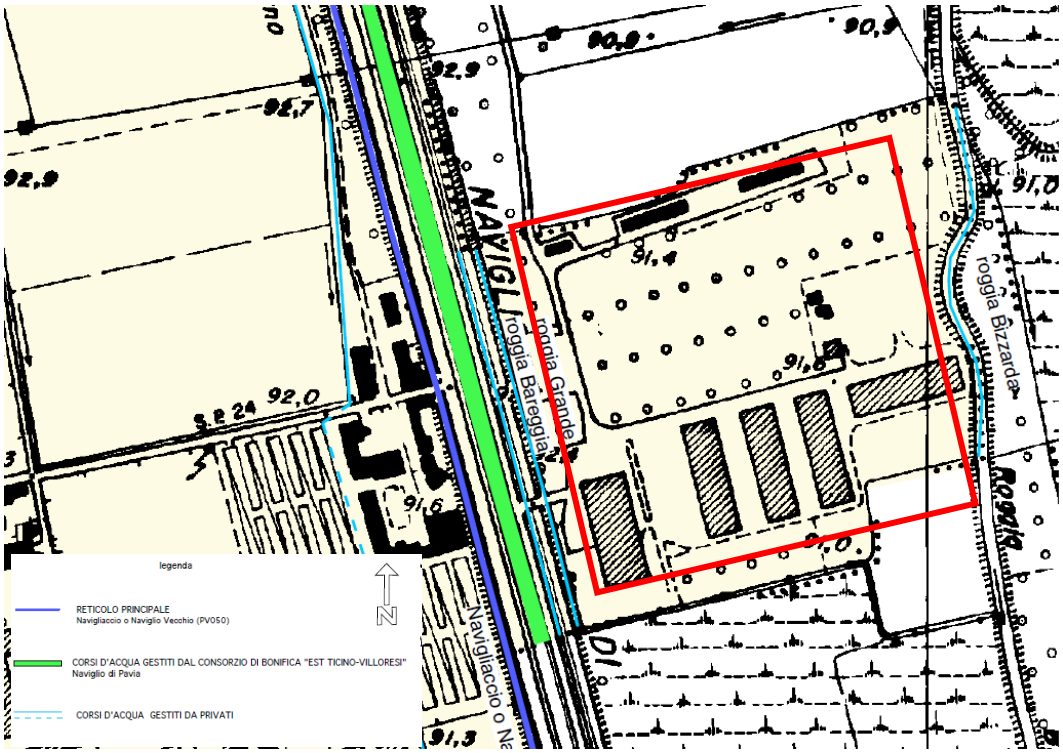

Figura 14 Individuazione del reticolo principale, miore, consortile PGT Vellezzo Bellini. In rosso il sito oggetto di trasformazione

7.7 RETE DI COLLETTAMENTO

Le acque meteoriche verranno convogliate alle vasche di laminazione mediante linee di collettamento diversificate per le diverse aree scolanti.

Le linee predisposte sono:

- linea di collettamento acque meteoriche di *copertura*: la linea convoglia le acque della copertura su cui sono alloggiati i chiller verso la vasca di laminazione. Sulla linea è installata una saracinesca per l'interruzione del flusso come presidio di sicurezza in caso di sversamento accidentale nell'ambito degli impianti. Le aree in cui sono alloggiati i chiller sono delimitate da cordoli che consentono l'invaso localizzato e temporaneo dei liquidi eventualmente sversati contestualmente al volume di pioggia generato da un evento di durata 1 ora. In alternativa alla realizzazione dei cordoli in copertura è in corso di valutazione la possibilità di realizzare singole vasche di laminazione ai piedi dell'edificio in cui convogliare un numero limitato di pluviali. Questo sistema consente di isolare i comparti in modo

agevole in caso di sversamento e riduce la dimensione dalla vasca di laminazione unica da predisporsi per l'edificio.

La procedura di emergenza consente tramite la saracinesca di contenere lo sversamento e procedere alle operazioni di aspirazione e smaltimento.

- linea di collettamento acque meteoriche *aree generatori di emergenza e aree di stazionamento autocisterne per carico serbatoi interrati*: la linea convoglia le acque verso la vasca di laminazione previo trattamento di prima pioggia che viene inviato in fognatura. Anche nel caso delle aree generatori è possibile bloccare il flusso mediante saracinesca in caso di sversamento di carburante in fase di ricarica dei serbatoi. Sotto le aree di carico delle cisterne sarà realizzata un vasca di accumulo per contenere l'intero volume della cisterna in caso di sversamento e un'aliquota di pioggia tale per cui avvenga il dilavamento dell'area di carico. La valvola di chiusura posta a valle della vasca di accumulo consentirà di isolare lo sversamento e procedere con le operazioni di aspirazione del liquido sversato mediante autospurgo.
- linea di collettamento acque meteoriche dei *piazzali*: la linea raccoglie e convoglia nella vasca di laminazione le acque delle aree viabilià e parcheggi previo trattamento di diseoleazione cautelativo della prima pioggia.